

Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Pasir Cimalaka terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Beton dengan Penambahan Superplasticizer FBAS

Muhammad Harris Bagaskara¹, Agyanata Tua Munthe^{2*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta, Indonesia, mharrisbagaskara@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta, Indonesia, agyanata_tua@mercubuana.ac.id

*Penulis korespondensi, email: agyanata_tua@mercubuana.ac.id

Abstrak

Pasir merupakan material utama dalam konstruksi beton, namun ketersediaan pasir lokal sering kali memiliki keterbatasan kualitas. Pasir Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat, merupakan pasir galian dengan kadar lumpur melebihi 10%, melampaui batas maksimum 5% yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia untuk agregat halus beton. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi kadar lumpur pasir Cimalaka terhadap sifat fisik dan mekanik beton dengan penambahan *superplasticizer* FBAS (Flowric Bintang Adi Sentosa) sebesar 1% dari berat semen. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi kadar lumpur 10%, 15%, dan 20%. Pengujian meliputi daya serap air, density, kuat tekan, dan kuat tarik belah beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar lumpur menyebabkan kenaikan daya serap air serta penurunan density beton. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton meningkat pada kadar lumpur 10%, masing-masing mencapai 50,20 MPa dan 3,49 MPa, namun mengalami penurunan pada kadar lumpur 15% dan 20%. Penambahan *superplasticizer* terbukti mampu meningkatkan kinerja beton dengan pasir berkadar lumpur tinggi pada batas tertentu, sehingga pasir lokal masih berpotensi dimanfaatkan dalam campuran beton struktural.

Kata kunci: beton, pasir lokal, kadar lumpur, kuat tekan, *superplasticizer*.

This article is licensed under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur yang pesat menjadikan beton sebagai material konstruksi utama yang paling banyak digunakan dalam berbagai jenis bangunan dan infrastruktur sipil [1]. Beton dipilih karena kemudahan dalam pelaksanaan, efisiensi biaya, ketersediaan material yang luas, serta kemampuan menahan beban tekan yang tinggi [2]. Menurut standar [3], beton didefinisikan sebagai campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah kimia (admixture) yang digunakan untuk memodifikasi sifat beton segar maupun beton keras. Kualitas dan durabilitas beton sangat dipengaruhi oleh material penyusunnya, terutama agregat halus yang berperan penting dalam menentukan workability, kepadatan, dan kekuatan beton [4].

Pasir Cimalaka sebagai agregat halus lokal perlu mendapat perhatian khusus terkait karakteristik fisiknya, seperti berat jenis, daya serap air, gradasi, dan kadar lumpur. Kandungan lumpur yang tinggi pada pasir galian umumnya dapat menurunkan kualitas beton karena menghambat proses hidrasi antara semen dan

air, yang berperan penting dalam pembentukan ikatan pasta semen serta zona transisi antar-agregat [5]. Selain itu, keberadaan partikel halus non-agregat dapat memperlemah ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga menurunkan kekuatan beton [6]. Untuk bereaksi sempurna dengan semen, dibutuhkan sekitar 25% air dari berat semen, sehingga penggunaan air yang berlebihan akan meningkatkan faktor air-semen (FAS) dan berdampak negatif terhadap kekuatan serta durabilitas beton [7]. Pemilihan kualitas dan ukuran agregat yang baik juga sangat mempengaruhi kuat tekan beton secara signifikan, dengan tujuan meningkatkan ketahanan gesek, stabilitas agregat, serta mencapai tingkat workability yang optimum pada beton segar [8].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa karakteristik pasir lokal memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan beton. Prasetyo dan Adrilian melaporkan bahwa pasir Cimalaka dan pasir Galunggung memiliki karakteristik fisik yang berbeda sehingga menghasilkan variasi kuat tekan beton yang signifikan [9]. Kekuatan beton pada berbagai umur umumnya dikonversikan ke umur standar 28 hari menggunakan faktor konversi yang diatur dalam Pedoman Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971) [10]. Penelitian tanpa bahan tambah menunjukkan bahwa pasir Cimalaka dengan kadar lumpur 13,43% menghasilkan kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 10,72 MPa, sedangkan pasir Galunggung dengan kadar lumpur 5,65% menghasilkan kuat tekan 11,04 MPa [11]. Studi lain oleh Triana dan Subandi melaporkan bahwa beton K-250 yang menggunakan pasir Cimalaka dengan kadar lumpur 9,4% masih memenuhi persyaratan SNI, sedangkan penggunaan pasir Bunihayu dengan kadar lumpur 12,5% menghasilkan kuat tekan di bawah standar yang ditetapkan [12].

Pada penelitian ini, dilakukan pula pengujian kuat tarik belah beton untuk mengevaluasi ketahanan geser pada komponen struktur beton. Nilai kuat tarik belah beton secara umum berkisar antara 10%–15% dari kuat tekan beton, sehingga parameter ini menjadi indikator penting dalam menilai kinerja mekanik beton dan potensi terjadinya retak awal [13]. Selain itu, pengujian daya serap air beton dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan beton, di mana semakin besar jumlah pori atau rongga di dalam beton maka semakin tinggi pula daya serap airnya, yang umumnya mengindikasikan kualitas beton yang lebih rendah akibat dominasi pori terbuka [14]. Berdasarkan SNI 03-2914-1992, daya serap beton struktural yang baik berada pada kisaran 5%–6% [15].

Sementara itu, density beton didefinisikan sebagai massa beton per satuan volume yang dinyatakan dalam kilogram per meter kubik (kg/m^3) [16]. Beton yang memenuhi persyaratan kualitas umumnya memiliki nilai yield density pada rentang $0,95 < R < 1,00$, yang mencerminkan kepadatan, homogenitas, dan keseragaman beton yang baik [17]. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kadar lumpur tinggi cenderung menurunkan kinerja beton, baik dari segi kekuatan maupun durabilitas, terutama pada beton tanpa bahan tambah [18].

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia, kadar lumpur maksimum yang diizinkan pada agregat halus adalah 5% dengan ukuran butir maksimum 4,75 mm. Namun, pasir Cimalaka dari Kabupaten Sumedang diketahui memiliki kadar lumpur berkisar antara 15% hingga 25% serta gradasi butir yang melebihi batas tersebut, sehingga dikategorikan sebagai pasir kotor [19]. Di sisi lain, bahan tambah kimia (admixture) telah terbukti mampu meningkatkan workability, mengendalikan waktu ikat, meningkatkan kekuatan, serta memperbaiki keawetan beton [20].

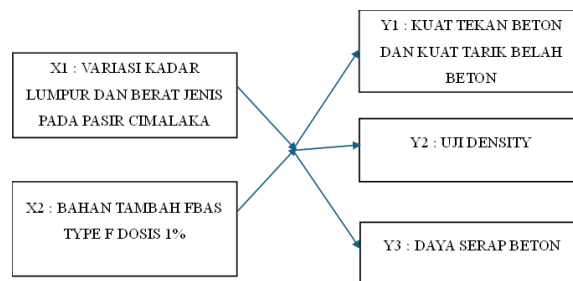
Gap penelitian terletak pada belum adanya kajian yang secara spesifik mengevaluasi pengaruh variasi kadar lumpur pasir Cimalaka yang tinggi terhadap sifat fisik dan mekanik beton dengan penambahan bahan tambah FBAS. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar lumpur pasir Cimalaka terhadap density, daya serap air, kuat tekan, dan kuat tarik belah beton dengan penambahan admixture FBAS, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pemanfaatan pasir lokal berkadar lumpur tinggi secara optimal dan berkelanjutan.

2. Metode

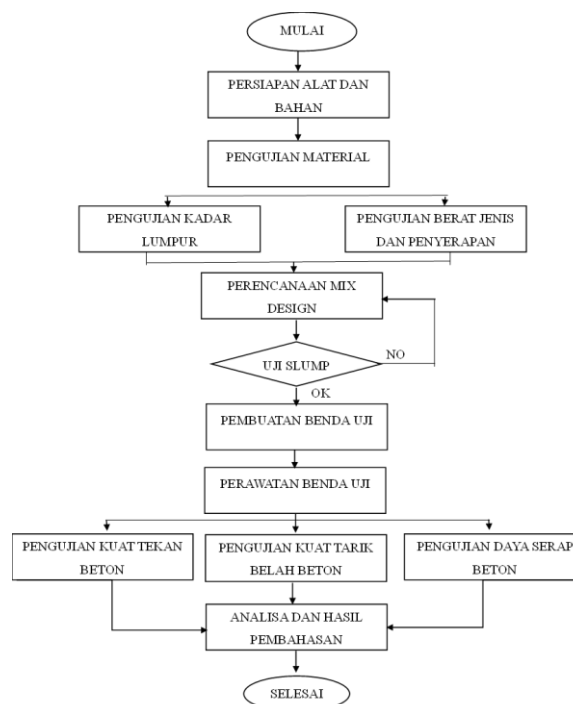
Penelitian ini memiliki hipotesis dengan penambahan bahan tambah FBAS dapat mempengaruhi variable-variabel yang terikat dalam penelitian ini seperti kuat tekan beton, kuat tarik beton, nilai slump, dan daya serap beton. Variabel bebas dalam penelitian ini bagi menjadi beberapa variasi untuk mengetahui variable terikat yang sudah ditentukan oleh penulis, kemudian untuk membandingkan persentase kuat tekan, kuat tarik, nilai slump, dan daya serap beton pada persentase yang berbeda-beda, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode yang digunakan penulis ini adalah metode eksperimen yang dimana cara pembelajaran atau penelitian yang melibatkan percobaan untuk membuktikan dan menguji sesuatu. Dalam penelitian ini menguji pengaruh variabel bebas variasi kadar lumpur 10%, 15%, 20% dengan bahan tambah FBAS (Flowric Bintang Adi Sentosa) tipe F dengan pemakaian 1% dari berat semen untuk setiap masing masing mix design, penelitian ini untuk mencari hubungan variabel terikat seperti uji kuat tekan, uji kuat tarik belah beton, uji daya serap beton dan uji density.

Pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton masing-masing sampel pada umur 3 hari, 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Kuat tekan rencana 35 MPa dengan standar deviasi 8 MPa pada umur 28 hari. Seluruh sampel dicetak menggunakan silinder 15 cm x 30 cm.



Gambar 1. Kerangka Berpikir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini melakukan pengujian slump, pengujian density beton, dan pengujian material dengan parameter gradasi agregat halus dan agregat kasar, pengujian kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan agregat halus dari setiap variasi kadar lumpur BN, 10%, 15%, dan 20%. Peneliti mengambil bahan agregat halus dari quarry berbeda yang berasal Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia.

Dalam bab ini peneliti membandingkan nilai kuat tekan beton, nilai kuat tarik belah beton, menggunakan komposisi campuran beton normal tanpa bahan tambah FBAS dan variasi pasir cimalaka dengan kandungan kadar lumpur 10%, 15%, dan 20% menggunakan bahan tambah FBAS 1% dari berat semen.

Hasil pengujian material ini meliputi pengujian kadar lumpur, gradasi agregat halus dan agregat kasar, berat jenis agregat halus, dan penyerapan agregat halus yang dilakukan dilaboratorium PT. Unggul Sejati Indonesia Plant Patimban. Hasil pengujian disajikan melalui tabel.

Tabel 1. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 1

Kode	Uraian	Hasil (gr)		Kadar Lumpur (%)
		(Berat Sebelum Dicuci) A	(Berat Sesudah Dicuci) B	
Agregat Halus 1	Percobaan 1	1224	1092	10,78
	2	1078	960	10,95
			Rata-Rata (%)	10,86

Tabel 2. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 2

Kode	Uraian	Hasil (gr)		Kadar Lumpur (%)
		(Berat Sebelum Dicuci) A	(Berat Sesudah Dicuci) B	
Agregat Halus 2	Percobaan 1	1171	996	14,94
	2	1083	918	15,24
			Rata-Rata (%)	15,09

Tabel 3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 3

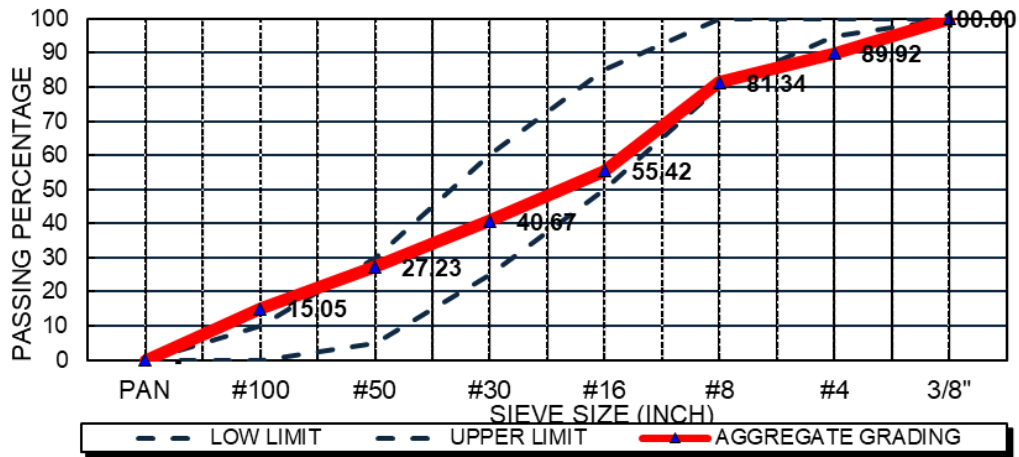
Kode	Uraian	Hasil (gr)		Kadar Lumpur (%)
		(Berat Sebelum Dicuci) A	(Berat Sesudah Dicuci) B	
Agregat Halus 3	Percobaan 1	1031	819	20,56
	2	1231	982	20,23
			Rata-Rata (%)	20,39

Tabel 4. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus Beton Normal

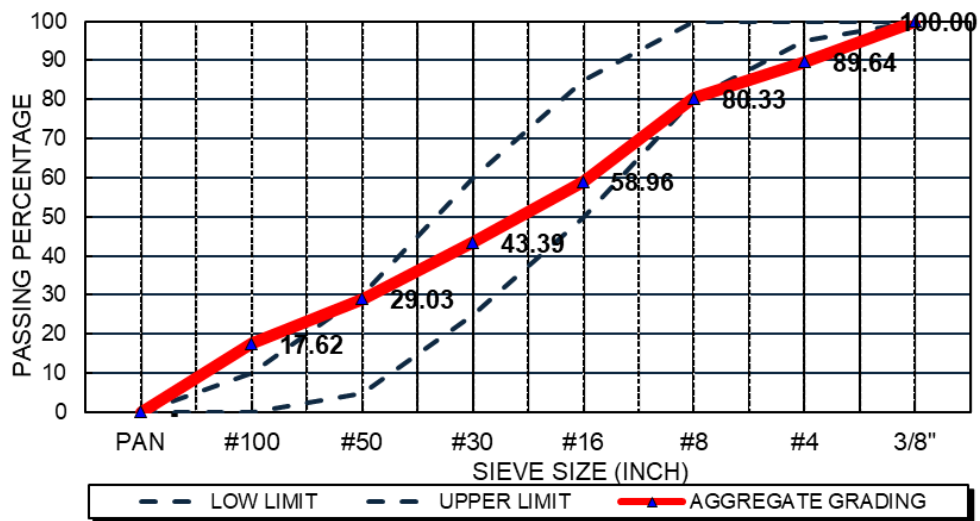
Kode	Uraian	Hasil (gr)		Kadar Lumpur (%)
		(Berat Sebelum Dicuci) A	(Berat Sesudah Dicuci) B	
Agregat Halus BN	Percobaan 1	639	618	3,29
	2	868	844	2,76
			Rata-Rata (%)	3,02

Dalam pengujian ini didapat kan hasil rata-rata pada setiap agregat halus, agregat halus 1 hasil pengujian rata-rata 10,86% , agregat halus 2 hasil pengujian rata-rata 15,09% , agregat halus 3 hasil pengujian rata-

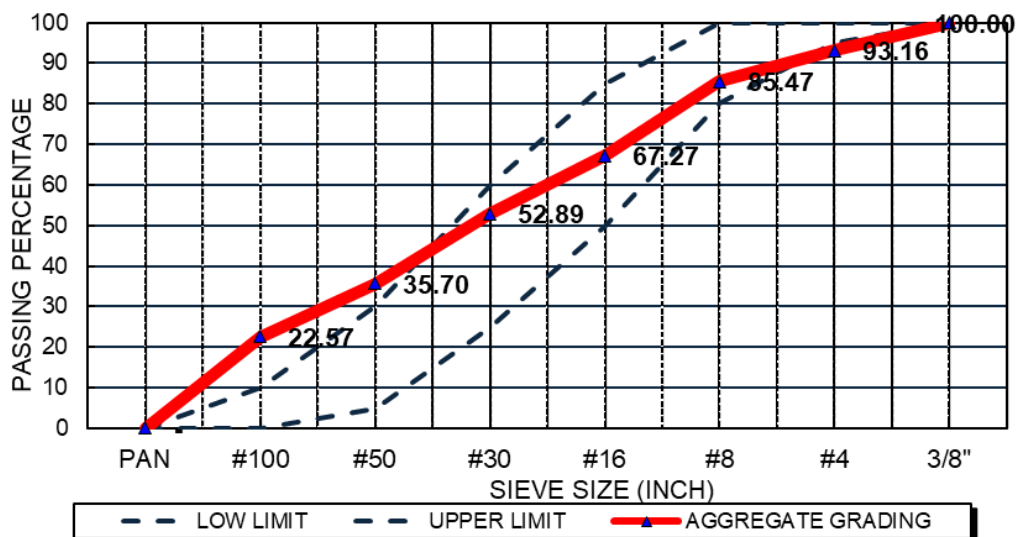
rata 20,39%, dan agregat halus BN hasil pengujian rata-rata 3,02%. Persyaratan SK SNI S-04-1989-F kadar lumpur agregat halus untuk campuran beton maksimal 5%. Menurut [9] pengujian kadar lumpur harus dilakukan karena sebagai dasar kekuatan beton menahan beban struktur.



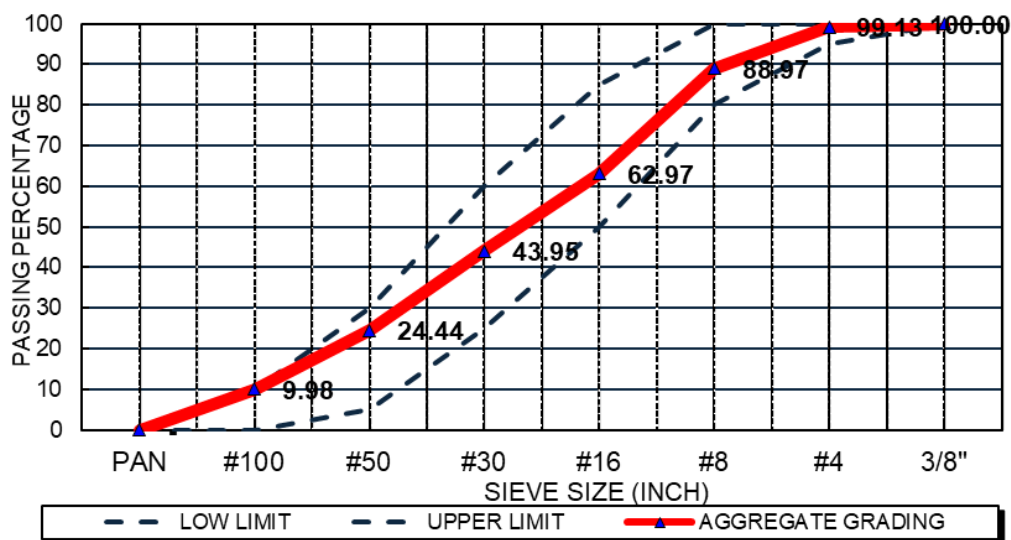
Gambar 2. Gradasi Agregat Halus 1



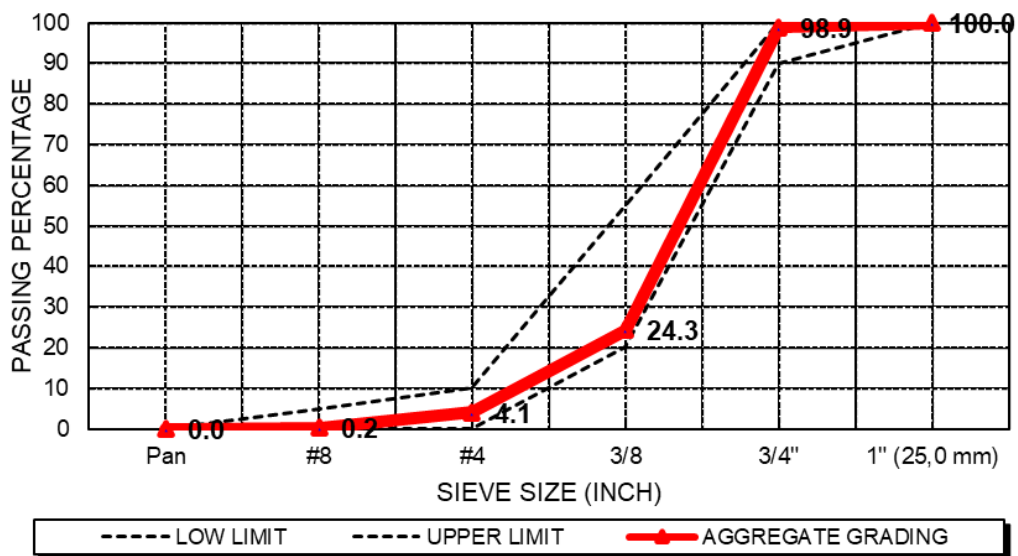
Gambar 3. Gradasi Agregat halus 2



Gambar 4. Gradasi Agregat Halus 3



Gambar 5. Gradasi Agregat Halus BN



Gambar 6. Gradasi Agregat Kasar

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus 1

Uraian	Kode	Berat Sampel	Satuan
Berat Benda Uji Agregat Halus SSD	A	500	gr
Berat Pikno + Air	B	640,2	gr
Berat Benda Uji + Pikno + Air	C	952,2	gr
Berat Benda Uji Kering Oven	D	490,6	gr
Perhitungan	Kode	Hasil	Satuan
Berat Jenis	$\frac{A}{A + B - C}$	2,660	gr/cm ³
Penyerapan	$\frac{A - D}{D} \times 100$	1,916	%

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus 2

Uraian	Kode	Berat Sampel	Satuan
Berat Benda Uji Agregat Halus SSD	A	500	gr
Berat Pikno + Air	B	640,2	gr

Uraian	Kode	Berat Sampel	Satuan
Berat Benda Uji + Pikno + Air	C	940,6	gr
Berat Benda Uji Kering Oven	D	485,4	gr
Perhitungan	Kode	Hasil	Satuan
Berat Jenis	$\frac{A}{A + B - C}$	2,505	gr/cm ³
Penyerapan	$\frac{A - D}{D} \times 100$	3,008	%

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus 3

Uraian	Kode	Berat Sampel	Satuan
Berat Benda Uji Agregat Halus SSD	A	500	gr
Berat Pikno + Air	B	640,2	gr
Berat Benda Uji + Pikno + Air	C	933,8	gr
Berat Benda Uji Kering Oven	D	482,4	gr
Perhitungan	Kode	Hasil	Satuan
Berat Jenis	$\frac{A}{A + B - C}$	2,422	gr/cm ³
Penyerapan	$\frac{A - D}{D} \times 100$	3,648	%

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus BN

Uraian	Kode	Berat Sampel	Satuan
Berat Benda Uji Agregat Halus SSD	A	500	gr
Berat Pikno + Air	B	640,2	gr
Berat Benda Uji + Pikno + Air	C	957	gr
Berat Benda Uji Kering Oven	D	491	gr
Perhitungan	Kode	Hasil	Satuan
Berat Jenis	$\frac{A}{A + B - C}$	2,729	gr/cm ³
Penyerapan	$\frac{A - D}{D} \times 100$	1,833	%

Berdasarkan hasil pengujian, agregat halus 1 mempunyai berat jenis 2,660 gr/cm³ dan penyerapan 1,916%, agregat halus 2 mempunyai berat jenis 2,505 gr/cm³ dan penyerapan 3,008%, agregat halus 3 mempunyai berat jenis 2,422 gr/cm³ dan penyerapan 3,648%, agregat halus BN mempunyai berat jenis 2,729 gr/cm³ dan penyerapan 1,833%.

Tabel 9. Rencana Komposisi Mix Design 1m³

Kode	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Batu (Kg)	Air (Liter)	FBAS (Liter)	Air Tahan	Berat Rencana
(BN) Beton Normal	500	963	753	203	-	-	2419
KL 10% FBAS 1%	500	936	745	178	4,57	22	2363,57
KL 15% FBAS 1%	500	877	748	192	4,57	8	2321,57
KL 20% FBAS 1%	500	848	748	197	4,57	3	2297,57

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Slump

Kode Beton	Rata-Rata Slump (cm)
(BN) Beton Normal	14,0
KL 10% FBAS 1%	14,1
KL 15% FBAS 1%	13,8

Kode Beton	Rata-Rata Slump (cm)
KL 20% FBAS 1%	13,9

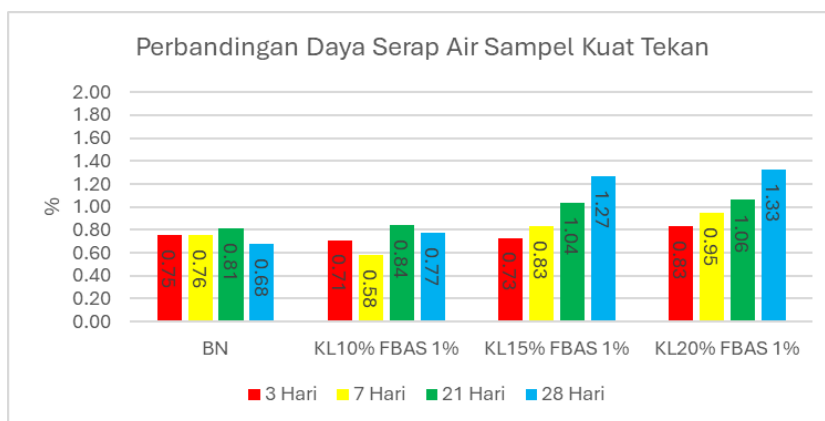
Pengujian slump dilakukan menggunakan alat slump atau kerucut yang berdiameter atas 10 cm, diameter bagian bawah 20 cm dan tinggi alat slump kerucut 30 cm. Dalam komposisi mix design untuk mencapai nilai target slump 14 ± 2 cm terdapat menahan air di variasi beton kadar lumpur 10%, 15% dan kadar lumpur 20%

Tabel 11. Rekapitulasi Daya Serap Air Sampel Kuat Tekan

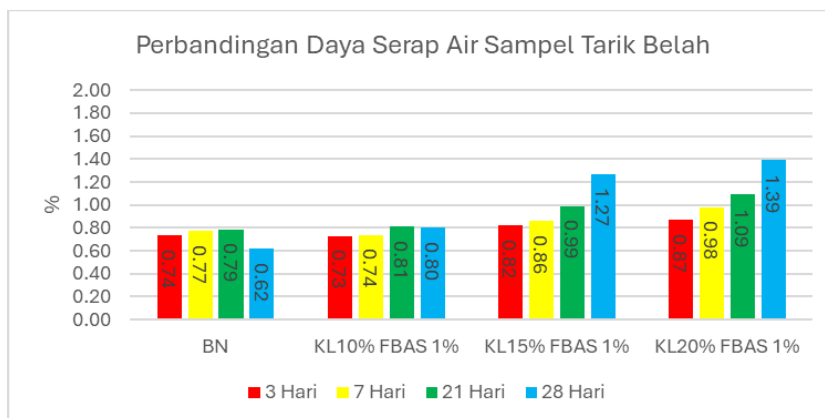
Kode	Umur			
	3 Hari (%)	7 Hari (%)	21 Hari (%)	28 Hari (%)
BN	0.75	0.76	0.83	0.68
KL 10% FBAS 1%	0.71	0.58	0.84	0.77
KL 15% FBAS 1%	0.73	0.83	1.04	1.27
KL 20% FBAS 1%	0.83	0.95	1.06	1.33

Tabel 12. Rekapitulasi Daya Serap Air Sampel Tarik Belah

Kode	Umur			
	3 Hari (%)	7 Hari (%)	21 Hari (%)	28 Hari (%)
BN-	0.74	0.77	0.79	0.62
KL 10% FBAS 1%	0.73	0.74	0.81	0.80
KL 15% FBAS 1%	0.82	0.86	0.99	1.27
KL 20% FBAS 1%	0.87	0.98	1.09	1.39



Gambar 7. Grafik Hasil Daya Serap Air Sampel Kuat Tekan



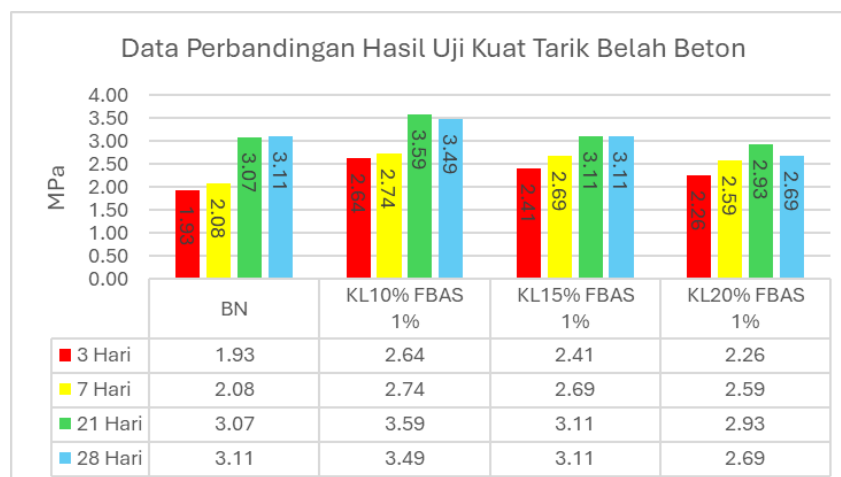
Gambar 8. Grafik Hasil Daya Serap Air Sampel Tarik Belah

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8, hasil pengujian daya serap air pada beton normal (BN), baik pada sampel kuat tekan maupun tarik belah, menunjukkan pola fluktuasi seiring bertambahnya umur beton, dengan nilai rata-rata pada umur 28 hari masing-masing sebesar 0,68% dan 0,62%. Beton dengan kadar lumpur 10% dan penambahan FBAS 1% juga mengalami fluktuasi, dengan nilai daya serap air pada umur 28 hari sebesar 0,77% untuk sampel kuat tekan dan 0,80% untuk sampel tarik belah. Sementara itu, beton dengan kadar lumpur 15% dan 20% FBAS 1% menunjukkan kecenderungan peningkatan daya serap air seiring bertambahnya umur beton, dengan nilai pada umur 28 hari masing-masing sebesar 1,27% dan 1,33% untuk sampel kuat tekan, serta 1,27% dan 1,39% untuk sampel tarik belah. Meskipun terjadi peningkatan daya serap air seiring bertambahnya kadar lumpur, seluruh hasil pengujian masih berada di bawah batas maksimum daya serap air beton sebesar 6% [10].

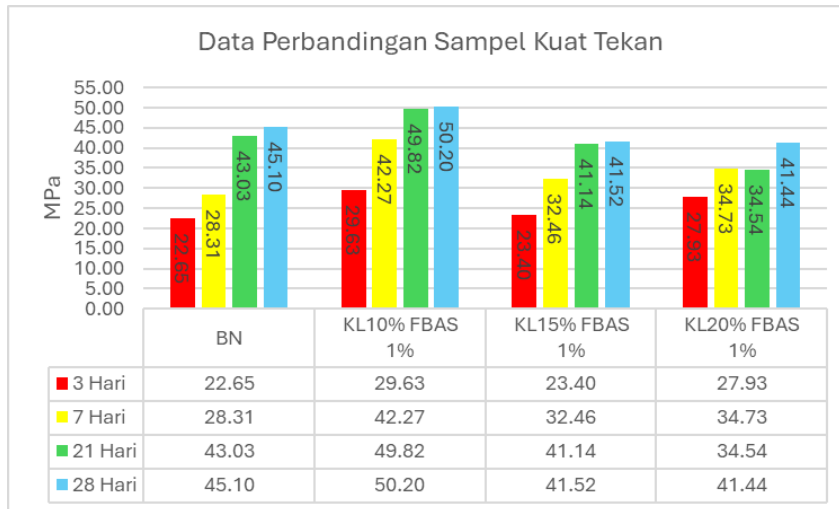
Tabel 13. Rekapitulasi Pengujian Density

Kode	Sampel Kuat Tekan		Sampel Tarik Belah	
	Berat Rata-Rata (Kg)	Density (Kg/cm ³)	Berat Rata-Rata (Kg)	Density (Kg/cm ³)
BN	12.594	2.377	12.578	2.374
KL 10% FBAS 1%	12.441	2.348	12.439	2.348
KL 15% FBAS 1%	12.317	2.324	12.296	2.321
KL 20% FBAS 1%	12.202	2.303	12.234	2.309

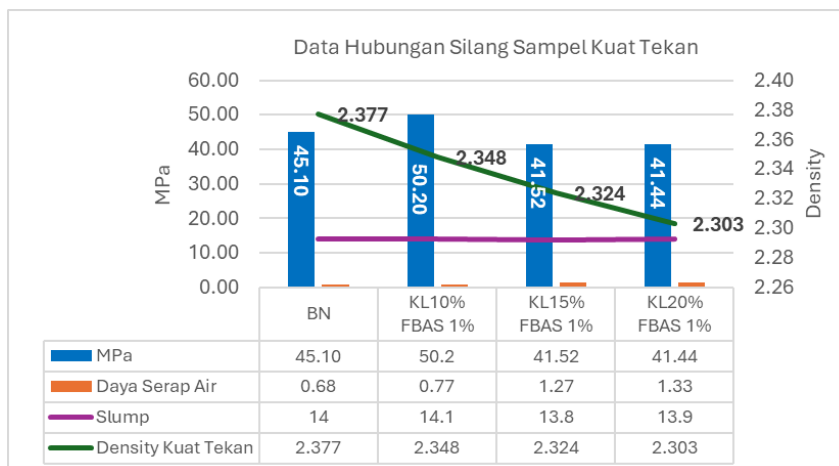
Berdasarkan dari tabel 13, densitas beton KL 20% FBAS 1% sampel kuat tekan dan kuat tarik termasuk kategori beton normal. Menurut [11] umumnya beton normal beratnya berkisar 2200 – 2500 kg/cm³. Menurut [5] kuat tarik belah beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10% - 15% dari kuat tekannya, kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Dari hasil pengujian umur 28 hari didapat kan hasil rata-rata Beton normal (BN) 3,11 MPa, KL 10% FBAS 1% 3,49 MPa, KL 15% FBAS 1% 3,11 MPa, KL 20% FBAS 1% 2,69 Mpa. Menurut [5] kuat tarik belah beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu berkisar antara 10%–15% dari kuat tekan, sehingga parameter ini menjadi indikator penting dalam menilai kinerja mekanik beton. Berdasarkan hasil pengujian pada umur 28 hari diperoleh kuat tarik belah beton normal (BN) sebesar 3,11 MPa, beton KL 10% FBAS 1% sebesar 3,49 MPa, beton KL 15% FBAS 1% sebesar 3,11 MPa, dan beton KL 20% FBAS 1% sebesar 2,69 MPa. Hasil tersebut sejalan dengan grafik perbandingan kuat tekan, yang menunjukkan bahwa variasi dengan kuat tekan tertinggi (KL 10% FBAS 1%) juga menghasilkan kuat tarik belah tertinggi, sedangkan peningkatan kadar lumpur hingga 20% menyebabkan penurunan kuat tarik belah yang konsisten dengan penurunan kuat tekan beton.



Gambar 9. Perbandingan Uji Tarik Belah



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kuat Tekan



Gambar 11. Data Hubungan Silang Sampel Kuat Tekan

Dilihat pada gambar 11, sampel kuat tekan kadar lumpur dengan variasi 10%, 15%, dan 20% dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton, nilai density beton, nilai slump, dan nilai daya serap air pada beton. Semakin tinggi kandungan kadar lumpur, dapat menurunkan nilai kekuatan pada beton dan variabel lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian beton normal dan beton dengan variasi kadar lumpur pasir Cimalaka 10%, 15%, dan 20% menggunakan bahan tambah FBAS 1%, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar lumpur menyebabkan penurunan nilai density dan kuat mekanik serta peningkatan daya serap air beton. Beton dengan kadar lumpur 10% menunjukkan kinerja paling optimal, ditunjukkan oleh kuat tekan dan kuat tarik belah tertinggi masing-masing sebesar 50,20 MPa dan 3,49 MPa, yang melampaui beton normal, sementara pada kadar lumpur 15% dan 20% terjadi penurunan kinerja beton secara signifikan. Secara teknis, hasil ini mengindikasikan bahwa pasir Cimalaka berkadar lumpur tinggi masih dapat dimanfaatkan sebagai agregat halus beton struktural apabila kadar lumpur dikendalikan pada batas tertentu dan dikombinasikan dengan bahan tambah yang sesuai. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengevaluasi penggunaan tipe bahan tambah atau admixture lain guna mengetahui efektivitasnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada berbagai variasi kadar lumpur, mengkaji variasi kadar lumpur yang lebih tinggi dengan tetap menggunakan bahan tambah HPF-32, serta melakukan pengujian gradasi agregat secara lebih rinci agar distribusi fraksi ukuran pasir dan batu dapat dianalisis secara lebih akurat dalam kaitannya dengan kinerja beton.

Daftar Pustaka

- [1] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. Jakarta: Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, 2019.
- [2] R. Yanita, “Kajian faktor konversi kuat tekan beton pada berbagai umur dan kaitannya dengan kualitas pekerjaan konstruksi beton,” *Jurnal Teknik Sipil*, pp. 39–40, 2018.
- [3] A. L. Awwalu S., M. A. S. Al Fathoni, dan B. Afriandini, “Analisa pengaruh kadar lumpur pada pasir terhadap kuat tekan beton (pasir Semaya dan pasir Sikasur),” *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.30595/civeng.v3i1.12809.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2847. (2013): Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- [5] D. A. Prasetyo dan D. Adrilian, “Analisis pengaruh perbandingan pasir Galunggung dengan pasir Cimalaka terhadap kuat tekan beton mutu rendah,” *Jurnal TEDC*, vol. 15, no. 3, pp. 301–306, 2021.
- [6] D. Triana dan A. Subandi, *Analisis perbandingan pasir Cimalaka–Sumedang dengan pasir Bunihayu–Subang terhadap kuat tekan mutu beton K-250*, *MESA*, vol. 7, no. 1, pp. 34–41, 2023, doi: 10.35569/ftk.v7i1.1993.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-6820-2002: Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta: BSN, 2002.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2495-1991: Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton*. Bandung: Yayasan LPMB, 1991.
- [9] Sudjatmiko, A., & Zhuhur, M. (2019). *Pengaruh Kadar Lumpur Agregat Halus 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, Dan 15% Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah*. *Simposium Nasional RAPI XVIII-2019 FT UMS*, 1(1), 303–308.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2914-. (1992): Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2834, B. S. (2000): Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. In *Sni (Vol. 3)*.
- [12] Hamdi, F., Lopian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Pérez, C., Aranceta, J., Serra, L., Carbajal, Á., Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). 2021, *Teknologi Beton*. In *Tohar Media (Vol. 1, Issue 1)*.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 7619: (2012): Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah Pada Agregat Kasar*. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- [14] Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021). *Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton*. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(02), 31–45. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i02.1307>
- [15] Yaqin, M. A., & Munthe, A. T. (2025). Studi Eksperimental Pemanfaatan Limbah Granit dan Abu Batu dengan Penambahan Sikacim terhadap Kinerja Mekanik dan Durabilitas Beton Normal. *Momentum Jurnal Inovasi dan Rekayasa Teknik Sipil (MJIRTS)*, 1(2), 55-65.
- [16] Krisnanto, E., & Munthe, A. T. (2025). Pengaruh Substitusi Limbah Granit dan Limbah Botol Kaca terhadap Kuat Tekan, Slump, dan Daya Serap Beton dengan Penambahan Sikacim. *Momentum Jurnal Inovasi dan Rekayasa Teknik Sipil (MJIRTS)*, 1(2), 35-43.
- [17] Kurnia, L., Sumarsono, A., Sani, S., & Trianah, Y. (2025). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Perencanaan dan Penjadwalan Pekerjaan Struktur Beton Gedung Griya Bumi Silampari di Kabupaten Musi Rawas. *Momentum Jurnal Inovasi dan Rekayasa Teknik Sipil (MJIRTS)*, 1(2), 44-55.
- [18] Siregar, A. P. (2025). Analisis dan Optimalisasi Desain Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa di Kawasan Rawan Gempa (Studi Kasus: Kota Medan). *Momentum Jurnal Inovasi dan Rekayasa Teknik Sipil (MJIRTS)*, 1(2), 66-73.
- [19] Habibillah, E. F., & Munthe, A. T. (2025). Pengaruh Substitusi Limbah Granit dan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan, Slump, dan Daya Serap Air Beton. *Jurnal Studi dan Aplikasi Teknik Sipil*

(JSATS), 1(2), 65-72.

- [20] Badan Standardisasi Nasional, SNI 1973: (2016): *Metode Uji Densitas, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara (Gravimetrik) Beton*. In Badan Standardisasi Nasional (BSN).